

Bases psicobiológicas de la creatividad en los niños con altas capacidades

Psychobiological bases of creativity in gifted children

Citar como: Gómez-León, M.I (2020). Bases psicobiológicas de la creatividad en los niños con altas capacidades. *Psiquiatría biológica*. 27(1), 28-33.
<https://doi.org/10.1016/j.psiq.2020.01.004>

Resumen

La creatividad en los niños con altas capacidades (AC) es un potencial, un proceso que requiere de un entorno favorable para su óptimo desarrollo. La expresión genética de estos niños en interacción con el ambiente puede explicar la configuración estructural y funcional de un sistema neuronal propicio para las habilidades que anteceden, apoyan y nutren la capacidad creativa. El conocimiento adecuado de las variables fisiológicas, cognitivas y emocionales que intervienen en este proceso resulta imprescindible para el desarrollo óptimo de la creatividad en un periodo donde la exposición a entornos favorables o desfavorables, o la focalización de ciertos dominios a expensas de otros, puede tener repercusiones intelectuales, sociales y emocionales determinantes. Este trabajo pretende sintetizar e integrar las últimas aportaciones empíricas sobre el desarrollo de las habilidades creativas en los niños con AC durante la infancia temprana.

Palabras clave: altas capacidades; creatividad; desarrollo; psicobiología; cerebro

Abstract

Creativity in gifted children is a potential, a process that requires an enabling environment for their optimal development. The genetic expression of these children in interaction with the environment can explain the structural and functional configuration of a neuronal

system propitious to the abilities that precede, support and nourish the creative capacity. Adequate knowledge of physiological, cognitive and emotional variables involved in this process are essential for the optimal development of creativity in a period where exposure to favourable or unfavourable environments, or the targeting of certain domains at the expense of others, can have determining intellectual, social and emotional repercussions. This paper aims to synthesize and integrate the latest empirical contributions on the development of creative skills in gifted children during early childhood.

Keywords: giftedness; creativity; development; psychobiology; brain

Introducción

La creatividad se ha convertido en parte de las concepciones y definiciones más actuales de la superdotación ¹. Si bien la AC puede manifestarse a través de diferentes perfiles, en este trabajo se utiliza el término de AC para referirse a los niños que muestran una elevada capacidad intelectual tanto en el ámbito convergente o lógico-deductivo como en el divergente o creativo ^{2,3}. Los niños con este perfil tienen una gran capacidad para explorar, buscar y crear la novedad, y disfrutarla. Tal habilidad para imaginar e innovar podría permitirles adaptarse y prosperar flexiblemente en entornos rápidamente cambiantes, sin embargo, no siempre se desarrolla adecuadamente en determinados contextos. La evidencia indica que existe una correlación negativa entre el rendimiento académico de los estudiantes con AC y la creatividad ⁴. Recientes investigaciones incluyen como posibles causas la ausencia de respuesta educativa, la falta de atención y consideración dada a los estudiantes de alta capacidad e incluso los comportamientos disruptivos de los niños, que pueden explicarse en parte por el desconocimiento de las variables que afectan al desarrollo creativo de estos niños y de respuestas educativas apropiadas ¹. Muchos de

estos niños se aíslan, se frustran y se desmotivan al llegar a la enseñanza secundaria, perdiendo todo el interés por el aprendizaje y, lo que es más grave, sufriendo en ocasiones trastornos psicológicos y emocionales de mayor o menor gravedad ³. Una mejor comprensión de los correlatos y mecanismos neurales subyacentes a la ideación creativa es crucial para establecer un ambiente de aprendizaje óptimo. Sin embargo, la literatura actual sobre cómo las variables psicobiológicas afectan a la fluctuación de la cognición creativa durante la primera infancia en los niños con AC es insuficiente. Una razón podría ser que los sistemas y procesos implicados generalmente se investigan de forma aislada e independientemente el uno del otro ^{4, 5, 6}.

La alta capacidad creativa se basa en varias funciones ejecutivas bien estudiadas, como la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio, funciones que requieren de un impulso creativo previo regulado por diferentes sistemas cerebrales, así como por vías neuromoduladoras que incluyen las vías noradrenérgicas y dopaminérgicas ⁵. Es importante destacar que estos circuitos neuronales están presentes desde las primeras fases del desarrollo y que servirán de apoyo al resto de las AC intelectuales. Por lo que determinados polimorfismos genéticos pueden predecir el rendimiento en las pruebas de creatividad, pero el mayor acicate de la creatividad procede de los cambios que se realizan fuera del individuo.

El objetivo de este estudio es realizar una revisión narrativa de la literatura referente al desarrollo de la creatividad en niños con AC proporcionando un marco integrador que reúna los correlatos neuronales, cognitivos y motivacionales.

Método

La búsqueda automatizada de la bibliografía se realizó a través de las bases de datos Pubmed, Scopus y Google Scholar. Principalmente se utilizaron las palabras clave

“gifted” y “creativity” con el operador booleano “and”, así como la combinación de dichas palabras con “intelligence”, “brain”, “children” y “developmental” separadas entre ellas mediante el operador booleano “or”. Una vez revisados todos los artículos, sin restricción idiomática, se incluyeron aquellos originales y revisiones bibliográficas publicados en los últimos 5 años que cumplieran con los objetivos de este trabajo, entre ellos el que la AC fuera considerada por los autores como una alta eficacia tanto en el funcionamiento intelectual convergente como en el divergente. De los artículos seleccionados se analizó en profundidad la información que hacía referencia a los mecanismos neuronales, cognitivos y/o motivacionales asociados a la creatividad en los niños con AC. Posteriormente se realizaron búsquedas indirectas, a través de los autores citados en dichos artículos, de aquellos datos que resultaran relevantes o aportaran información novedosa al presente estudio. Se excluyeron aquellos artículos que no aportaran ningún tipo de explicación psicobiológica o aquellos centrados exclusivamente en talentos convergentes y sujetos adultos.

Resultados

Resultados de la búsqueda y selección bibliográfica

Se encontraron 116 artículos publicados entre 2014 y 2019 de los cuales el 81% eran estudios originales y el resto revisiones. Se seleccionó un total de 40 artículos, 34 originales y 6 revisiones. De entre ellos 29 relacionan la creatividad con aspectos psicobiológicos mientras que los 11 restantes lo hacen principalmente con aspectos cognitivos, conductuales y emocionales. El número de artículos que aborda directamente el desarrollo de las habilidades creativas en los niños con AC es de 26, el resto lo hace indirectamente o aportan datos relevantes sobre los sustratos neurobiológicos de la creatividad en sujetos de 4 meses hasta la adolescencia.

La inteligencia y la creatividad comparten un origen genético común

La inteligencia y la creatividad son rasgos altamente poligénicos donde muchos genes diferentes ejercen una influencia extremadamente pequeña en diversas etapas del desarrollo neuronal. Estos pequeños efectos están regulados por factores ambientales y guiados por la experiencia y contribuyen a la función sináptica, la plasticidad y la excitabilidad neuronal ^{5,6}. Por lo que las respuestas a los orígenes de la inteligencia creativa y su variación entre individuos probablemente deban buscarse al nivel de sus componentes y unidades computacionales: neuronas, sinapsis y su genética.

Los genes asociados con el logro educativo y la inteligencia se expresan preferentemente en las neuronas espinosas medianas del estriado y en las neuronas piramidales hipocampales y corticales ⁷. La creatividad puede predecirse mediante polimorfismos genéticos específicos que están relacionados con las vías de dopamina (DA) frontal (gen COMT) y estriatal (gen DAT). Combinando el conectoma cerebral y los datos genómicos se pueden predecir los puntajes de creatividad de los individuos con una precisión del 78.4%. Es importante destacar que mayoría de los genes asociados están implicados en el desarrollo temprano, probablemente prenatal, con algunos genes esenciales para la función y la plasticidad sináptica durante toda la vida ⁷.

Las neuronas de los niños con AC son más eficientes

Los genes asociados con la capacidad cognitiva y la creatividad están fuertemente implicados en la estructura dendrítica y la organización de la columna dendrítica ⁸. Dado el gran número de conexiones neuronales, incluso el menor cambio en la eficiencia sináptica de estas neuronas puede traducirse en grandes diferencias en la capacidad creativa y cognitiva general.

La geometría dendrítica cambia drásticamente tanto durante el desarrollo como durante la edad adulta. La morfología dendrítica de las neuronas desempeña un papel importante en la eficacia de la propagación hacia adelante y hacia atrás de los potenciales de acción, y como consecuencia, en la plasticidad neuronal y en el aprendizaje⁶. Diferentes estudios han mostrado que esta trayectoria de cambio es mucho más acusada en las personas con un alto cociente intelectual (CI) quienes presentan un aumento sustancial en la ramificación dendrítica que favorece la propagación y la modulación sináptica⁶. Este incremento dendrítico está asociado con la maduración neuronal, la activación de las vías de mensajería involucradas en la plasticidad sináptica y el incremento en la densidad de canales dependientes de voltaje que facilitan el potencial de acción⁸. Por lo que, aparte de las diferencias estructurales, las neuronas de los individuos con altas puntuaciones en el CI muestran una serie de propiedades funcionales únicas. Las sinapsis excitatorias se recuperan más rápido de la depresión sináptica, tienen potenciales de acción más rápidos y transfieren información a una velocidad mayor⁶.

Los niños con AC presentan un neurodesarrollo precoz

El número y la densidad de los cuerpos neuronales y la arborización dendrítica se reflejan a través del volumen de la materia gris. Este volumen cambia a lo largo de la infancia y la edad adulta⁶ y está influenciado por el aprendizaje, las diferencias hormonales, la experiencia, la genética y la edad. Desde el punto de vista del desarrollo la inteligencia y la creatividad han sido relacionadas más con la trayectoria de cambios observados en el volumen de la materia gris y blanca que con la estructura en sí^{6,9}. Esta trayectoria de cambios revela que los niños con un alto CI presentan una corteza particularmente plástica con reordenamientos dendríticos y sinápticos dinámicos y funcionales precoces, de tal manera que a los 8 años, edad en la que ya están bien establecidas las redes de la corteza sensorial y motora primaria¹⁰, la corteza de los niños con AC es menos densa que la de

sus iguales de inteligencia promedio ¹¹. Se ha hallado que a esta edad hay una correlación negativa entre el grosor cortical y la especialización y mejora funcional de las funciones ejecutivas que participan en la ideación creativa, como la flexibilidad mental, la memoria de trabajo y el control inhibitorio ^{12,13}. Esta correlación es mayor en las principales áreas de asociación corticales, como el lóbulo prefrontal y parietal, lo que podría indicar que estos niños poseen un circuito neuronal más esculpido y eficiente desde edades más tempranas tanto en las áreas primarias corticales como en las áreas de asociación secundarias y terciarias. Esta maduración precoz podría permitirles obtener una mayor cantidad de información sobre los estímulos y sensaciones que perciben en un menor tiempo de respuesta ¹⁴, lo que podría estar relacionado con la mayor comprensión, abstracción, profundidad, complejidad y creatividad en el funcionamiento cognitivo de alto nivel que muestran estos niños desde edades tempranas del desarrollo.

Cuando se estudia este desarrollo desde una perspectiva vertical, que incluya regiones subcorticales, se observa que el mejor desempeño ejecutivo y creativo de estos niños correlaciona con la maduración precoz de las fibras frontoestriales ^{5,6}. Esta maduración parece estar regulada por variantes genéticas implicadas en el rendimiento cognitivo, la motivación y la creatividad lo que permite una mayor participación y un funcionamiento más eficiente de estos circuitos en situaciones cada vez más difíciles y novedosas.

La capacidad de abstracción de los niños con AC es mayor

Los niños con AC captan rápidamente conceptos complejos y abstractos, tanto en dominios lingüísticos como matemáticos o científicos. Su comprensión general está muy avanzada, extraen fácilmente las ideas relevantes, siguen con facilidad la secuencia lógica, generalizan los aprendizajes a contextos nuevos. Su pensamiento es profundo, amplio y elevado en nivel de abstracción, lo que les permite tener una amplia y vívida imaginación y una producción constante de ideas originales e inusuales. Este mayor nivel

de abstracción puede permitirles procesar más cantidad de información y más rápidamente y, a menudo, al mismo tiempo o en paralelo, por lo que su mente parece estar constantemente ocupada¹⁵.

Esto es quizás más notable en su extenso vocabulario y la facilidad que muestran con las palabras y el lenguaje en general. Es importante señalar que desde los 12 meses las habilidades lingüísticas predicen más el CI posterior que otros dominios cognitivos¹⁶.

La precocidad del lenguaje es de particular importancia, ya que la comunicación verbal simbólica subyace a la mayoría del pensamiento creativo. En este sentido se ha hallado que el desarrollo del lenguaje en la edad preescolar favorece la capacidad creativa de los niños, tanto en pruebas de creatividad general como matemática¹⁷. El inusual desarrollo del sistema lingüístico en niños con AC se caracteriza por una mayor flexibilidad, fluidez y originalidad que dará como resultado productos lingüísticos de alto orden como la ironía, el humor y las metáforas¹⁸. La mayor flexibilidad cognitiva, velocidad de procesamiento de información y el mayor razonamiento analógico de los niños con AC frente a los niños con capacidad promedio está asociado a la mayor comprensión de la metáfora¹⁹. La red semántica de los niños con AC parece ser diferente a la de las personas menos creativas, permitiendo combinaciones conceptuales más flexibles y novedosas durante el procesamiento semántico. Esta red se caracterizaría por estar más condensada, ser menos modular y estar más conectada¹⁸. Diferentes estudios señalan al lóbulo temporal medial como el responsable de integrar información semántica diversa de distintas regiones del cerebro. El mayor volumen de esta área y el mayor número de conexiones con regiones de la red de modo predeterminado (RMP) o *default mode network* (DMN), una red involucrada en el pensamiento autogenerado y dirigido internamente, como la región de la corteza parietal inferior izquierda, mostrada por los sujetos con AC podría facilitar funciones clave en el procesamiento semántico como la

representación y el control semántico durante asociaciones semánticas ambiguas, la recuperación de categorías de objetos, la representación, expansión, integración y comprensión conceptual, la asociación novedosa, y la comprensión y producción de metáforas²⁰.

La organización de la información es más compleja en los niños con AC

La principal diferencia entre los niños con AC y los niños talentosos y de capacidad intelectual media es el número de ideas vertidas y la mayor complejidad organizativa de la información ofrecida y su interrelación. Los niños con AC durante una tarea dedican mayor tiempo a la planificación que a la propia resolución, no sólo tienen una mayor cantidad de información, sino que además muestran una mayor complejidad relacional entre la información incluso con datos distantes. Los datos parecen estar organizados en modelos y sistemas más que siguiendo un orden lógico en cadena y, además, presentan un mayor número de ejemplos y relaciones causales². Esta diferencia puede estar relacionada con el acelerado y prolongado aumento de la superficie cortical, horizontal, en los niños con AC a lo largo de la infancia tardía en comparación con los niños de desarrollo normotípico, especialmente en las cortezas de asociación de orden superior, prefrontal, lateral temporal y parietal inferior, este notable desarrollo correlaciona con las puntuaciones obtenidas en el CI⁹. La mayor diferencia de espaciamiento horizontal implica que el área de superficie expandida contiene un mayor número de axones y dendritas largas y complejas, lo que sugiere una función más integradora de estas neuronas. Las puntuaciones más altas en pruebas cognitivas correlacionan con estas neuronas menos densas, de grandes dendritas que se organizan de manera dispersa y eficiente en el espacio cortical⁶.

Los niños con AC generan un mayor número de ideas

Una característica definitoria de la AC es la capacidad de generar ideas innovadoras de una manera fluida, de crear y utilizar nuevas categorías y conceptos mentales para reorganizar las experiencias. Lo que favorece la aparición de un pensamiento divergente en estos niños no es solo un acceso importante a soluciones memorizadas como en los niños con alto potencial académico, sino también la capacidad de asociar y combinar ideas para crear nuevas soluciones. En ocasiones para ellos lo simple es complejo, poseen un mayor número de respuestas alternativas posibles y a la vez necesitan de una precisión extrema que satisfaga los imperativos lógicos de su pensamiento. Es decir, no sólo tienen una visión más amplia, es que, además, todo ese gran número de variables y relaciones complejas deben de converger para dar sentido al mundo que les rodea²¹.

Las primeras concepciones de la creatividad afirmaron que las personas creativas se caracterizan por una falta de inhibición tanto cognitiva como conductual. Esta noción puede relacionarse con la observación de que las personas creativas generan con fluidez ideas y asociaciones, y parecen mostrar un pensamiento excesivamente inclusivo y una disminución del filtrado de información irrelevante para la tarea, es decir, de inhibición latente (IL). Las reducciones de IL, se han asociado al pensamiento original, particularmente en combinación con un alto CI. De hecho, los sujetos con puntuaciones inusualmente altas en un solo dominio de logros creativos son 7 veces más propensos a tener puntajes de IL bajos en lugar de altos²².

La actividad dopaminérgica mesolímbica disminuye la IL, por lo que debe de jugar un papel importante en este mecanismo de regulación⁵. Una disminución en la expresión del receptor D2 en el tálamo se ha relacionado con un mayor flujo de información y una menor inhibición de las neuronas piramidales prefrontales, lo que produce un sesgo creativo que beneficia al pensamiento divergente²³.

La evidencia experimental también ha propuesto un papel central del sistema noradrenérgico en la generación de ideas y la modulación de la flexibilidad cognitiva. Las personas a menudo son más creativas cuando presentan bajos niveles de activación cortical asociados con niveles reducidos de noradrenalina (NA), lo que puede mejorar la comunicación entre las redes distribuidas y permitir acceder a asociaciones más remotas²⁴. Los sujetos con AC, en comparación con sus iguales sin AC, muestran una mayor activación alfa generalizada y un grado de equipotencialidad hemisférica mayor, tanto durante la etapa innovadora de una tarea, como cuando no están trabajando en ella^{25,26}. Un hemisferio derecho más activo y un intercambio inter e intrahemisférico más pronunciado en estos niños posibilita centrar la atención en diferentes aspectos de un solo estímulo y, en consecuencia, generar significativamente más asociaciones²⁷. Lo que explicaría algunas de las características más definitorias de las AC como una mayor facilidad para el analogismo fluido, analogías con numerosas soluciones plausibles, pero no necesariamente correctas, criterios de selección más innovadores, un modo de procesamiento de lo “holístico” a las partes, un almacenamiento de los resultados más eficaz en la memoria a largo plazo y la capacidad manifiesta de conocer varios dominios sin poseer datos concretos²⁸.

Pero estos niños no solo acceden a regiones más amplias de la red neuronal, sino que, además, poseen una arquitectura neuronal más compleja y eficiente. Los estudios longitudinales muestran que los niños con AC presentan un mayor grado de integridad en los múltiples tractos de materia blanca que desarrollan de forma precoz a lo largo del desarrollo, lo que favorece la velocidad de procesamiento y la transferencia de la información de una región a otra del cerebro²⁹. A nivel computacional, las redes “superdotadas” tienden a tener mayor capacidad, una propagación de la actividad más

rápida y distribuida, mayor plasticidad, un procesamiento neuronal menos ruidoso, un menor impacto de eventos regresivos y un entorno más rico ³⁰.

Los niños con AC tienen mayor capacidad de atención endógena

La baja inhibición latente característica de individuos creativos con alta inteligencia podría inundar un organismo con estímulos por lo que los niños altamente inteligentes deben de encontrar patrones en lo que de otro modo sería un aluvión desorientador de datos sensoriales. Cuando se explora la activación neuronal de los niños durante el procesamiento sensorial mediante potenciales relacionados a eventos los resultados de comportamiento muestran que los niños intelectualmente dotados cometen una tasa de errores de comisión significativamente menor que los niños sin AC. Estos estudios ponen de manifiesto que estos niños no sólo responden antes y más intensamente a la información sensorial, sino que también son más eficaces inhibiendo la información no relevante o distractora ¹⁴. Los niños con AC pueden restringir sus impulsos mejor que los niños sin AC, se vuelven más cautelosos en el proceso y se desempeñan mejor, especialmente en tareas que requieren atención endógena. La atención endógena emerge cuando los procesos de atención básica se integran con los procesos de memoria a través de la maduración de los circuitos frontales durante la segunda mitad del primer año ³¹. La mayor atención endógena que muestran estos niños está relacionada con la maduración precoz de las fibras de asociación de orden superior, especialmente frontales ³¹. En comparación con la atención exógena, que está impulsada por estímulos externos, la atención endógena está orientada por objetivos y depende de la capacidad de autorregulación, lo que está muy relacionado con el mayor grado de persistencia que muestran en sus áreas de intereses.

Las puntuaciones altas de atención endógena y el pensamiento espontáneo y sin restricciones están relacionadas con una mayor activación de la RMP y una menor

activación del giro frontal inferior izquierdo³². De esta manera los niños con AC podrían aprender y resolver tareas de una manera preferentemente aleatoria al hacer conexiones que pueden no ser evidentes para otros en lugar de hacerlo mediante pasos lógicos y secuenciales¹⁹.

Además, el efecto modulador central de la NA en la flexibilidad cognitiva puede explicar esta mayor capacidad de atención endógena al relacionarse con los cambios en la relación señal / ruido de la actividad neuronal dentro de la corteza. La reducción de NA podría estar desviando la actividad hacia estímulos internos inhibiendo la entrada externa. La atención interna enfocada, frente a la que depende de la estimulación sensorial, juega un papel importante en la protección de tareas durante la generación de ideas creativas que puede ser particularmente relevante durante los procesos de imaginación y simulación mental³³.

Los niños con AC son menos convencionales

Una característica definitoria de la AC es la capacidad de generar ideas innovadoras y nuevos usos para los objetos, de crear y utilizar nuevas categorías y conceptos mentales para reorganizar las experiencias. La falta de convencionalidad que manifiestan estos niños está relacionada con la originalidad de sus ideas y la capacidad de separarse de las fijaciones mentales. Suelen generar un mayor número de respuestas a situaciones reales o imaginarias y son capaces de percibir relaciones poco habituales entre ideas similares o aisladas, hipótesis que necesitan probar y que les aleja del conformismo social.

Cuando se estudian las trayectorias del desarrollo en la capacidad de pensamiento creativo durante la infancia media, se encuentra que aunque algunos niños muestran una disminución clásica en la capacidad creativa otros muestran un aumento significativo con el tiempo, estas trayectorias se asocian con un comportamiento de externalización

elevado, es decir, el incumplimiento de reglas y la agresividad, un aumento de la segregación frontal lateral derecha y la especialización funcional ²¹.

La generación de ideas creativas inicialmente se basa principalmente en la recuperación de la memoria ³³, pero la generación de usos novedosos está más bien relacionada con estrategias más elaboradas que ocurren más adelante en la tarea. Se ha demostrado que la alta creatividad está relacionada con una alta capacidad de disociación y una rápida transición de respuestas comunes a no comunes en las tareas de asociación de palabras, lo que apunta a una búsqueda controlada más efectiva de la memoria en personas creativas ³³.

Si bien la creatividad de las ideas generalmente aumenta (y la fluidez de las ideas disminuye) con el tiempo en la tarea, se ha sugerido que las personas más inteligentes generan ideas creativas desde el principio, lo que deja poco margen de mejora con el tiempo, mientras que las personas menos inteligentes comienzan con ideas más comunes y poco creativas. La inteligencia, por lo tanto, podría estar relacionada con una supresión efectiva de la interferencia de ideas dominantes y obvias ³³, es decir, con el control inhibitorio.

El control inhibitorio se desarrolla rápidamente durante los años preescolares y, por lo general, continúa mejorando en la infancia media ¹⁵. La capacidad de anular una respuesta prepotente mejora más rápidamente entre las edades de 3 y 4 años, aunque al igual que en el curso de desarrollo de los cambios atencionales las diferencias de edad en la inhibición varían en función de la complejidad de la tarea (regla). Cuando la tarea involucra demandas de memoria de trabajo concurrentes, el sesgo de respuesta es más fuerte, o las respuestas deben inhibirse en una etapa tardía (de ejecución), el control se consigue entre los 5 y los 8 años. Las mejoras tempranas en el control inhibitorio reflejan

principalmente cambios cualitativos en el procesamiento de la información, como la comprensión conceptual de los niños del sistema de reglas jerárquicas que subyacen a tareas, mientras que las mejoras posteriores indican cambios cuantitativos ¹⁵.

Los niños con AC son más creativos

Antes de los 4 años los niños con AC destacan por el uso novedoso del lenguaje y la capacidad de crear y aplicar nuevas categorías mentales para organizar experiencias y manipular mentalmente objetos. Gracias a las agudas habilidades intermodales que poseen son muy intuitivos pero, además, buscan estrategias que les permitan comprender situaciones, una especie de autoemulación que funciona dentro de su sistema de procesamiento de información que es esencial para su inversión personal, que a cambio habilita o facilita la implementación de una función específica. Desde una edad temprana se muestran curiosos por todo, no les interesan las actividades de rutina, prefieren los juegos complejos, y más tarde, los desafíos intelectuales. Disfrutan de los enigmas, siempre están listos para experimentar e innovar y siempre parecen estar dispuestos en poner a prueba sus habilidades creativas a través de la estimulación y el cambio.

Se ha comprobado que en los niños el cambio o la flexibilidad cognitiva y la inhibición son los mayores predictores de la creatividad ¹⁵. La flexibilidad cognitiva incluye tanto la capacidad de desconectarse de información irrelevante en una tarea anterior como la de enfocarse en la información relevante en una tarea próxima, permite pensar de manera divergente, cambiar la perspectiva y adaptarse a un entorno en constante cambio. Esta flexibilidad se desarrolla rápidamente en la edad preescolar y aumenta continuamente hasta la adolescencia reflejando el crecimiento de las redes neuronales que involucran a la corteza prefrontal ¹⁴. Estos cambios correlacionan con la especialización funcional de varias regiones del cerebro implicadas en la flexibilidad cognitiva, incluida la CPF

inferior derecha, la corteza parietal izquierda, la corteza cingulada anterior (CCA) y el estriado. Las diferencias relacionadas con la edad durante las tareas de trabajo creativas también pueden explicarse por un aumento en la conectividad de las redes fronto-parietales y fronto-estriatales ^{14,34}. Esta conectividad interregional se produce antes y es mayor en los niños con AC ⁵ quienes, además, se benefician de un cerebro más plástico con una mayor capacidad de cambio dinámico entre diferentes patrones de conectividad cerebral desde edades más tempranas ³⁵.

Las mejoras conductuales en el control cognitivo coinciden con la poda sináptica y el aumento de la mielinización, así como con el fortalecimiento sináptico dependiente de la experiencia ³⁵. Las investigaciones muestran que a los 3 años de edad solo los pocos niños que pueden resolver tareas de cambio atencional muestran una activación significativa en la CPF inferior derecho, a los 4 años son capaces de resolver la tarea y muestran una activación creciente en la CPF inferior izquierdo y a los 5 años la activación suele ser bilateral ³⁵. La mayor flexibilidad que muestran los niños con AC se pone de manifiesto a través del número significativamente menor de errores de perseveración que muestran en tareas de uso de reglas flexibles con respecto a los niños sin AC quienes generalmente a los 3 años siguen aplicando la primera regla cuando deberían de aplicar la segunda. Una posible explicación es que mientras que los niños con AC utilizan la CCA para responder al conflicto los niños sin AC no lo hacen, es decir, mientras que los primeros utilizan la experiencia anterior para supervisar y planificar, los segundos responden a los desafíos cognitivos mientras ocurren ³⁵. A este respecto hay que añadir que en los niños con ACC hay un avance de uno o dos años de edad en promedio para las habilidades de planificación ³⁶. Estas diferencias parecen depender tanto de la aplicación de reglas de orden superior, relacionadas con la metacognición, como de la capacidad para mantener y seleccionar las tareas en la memoria de trabajo.

Otra red crítica para la regulación de la ideación creativa es el circuito fronto-estriatal ⁵, ³⁴ cuya maduración y especialización funcional es mayor en los niños con AC ⁶. Un nivel funcional moderado tanto de la DA estriatal como prefrontal beneficia la cognición creativa al facilitar el procesamiento flexible y permitir la creatividad impulsada por la persistencia, respectivamente. La DA estriatal, a través de la vía negroestriatal, participa en diversas funciones como el procesamiento de recompensas y el hábito del aprendizaje, los cambios atencionales, el cambio de estrategias de tareas y la actualización de representaciones de objetivos cuando hay nueva información en el medio ambiente. Mientras que la DA prefrontal, a través de la vía mesocortical, está implicada en procesos asociados con la manipulación controlada de la información, como el mantenimiento de representaciones de objetivos y tareas en la memoria de trabajo, la atención sostenida, el control atencional, la planificación y la supresión de distractores.

Las investigaciones señalan que a partir de los 4 años el desarrollo cognitivo y creativo de los niños con AC parece depender más del entorno cultural, socioeconómico y educativo que en años anteriores ³⁷. Alrededor de los 5 a 6 años hay una mayor heterogeneidad en este desarrollo tanto interindividual como intraindividual, viéndose favorecidas las funciones que han sido utilizadas o reconocidas en detrimento de las que no lo han sido. Lo que señala la vulnerabilidad del desarrollo óptimo de estos niños en una etapa especialmente plástica del sistema nervioso donde la exposición a entornos favorables o desfavorables, o la focalización de ciertos dominios a expensas de otros puede tener repercusiones intelectuales, sociales y emocionales. Aunque la creatividad parece aumentar entre los 6 y los 11 años se ha constatado que a partir de los 12 años decrece ², sugiriéndose que es la tendencia de la educación actual a favorecer el pensamiento convergente, en oposición al divergente o creativo, una de las principales causas.

Las investigaciones sugieren que la superdotación se cultiva fomentando la curiosidad intelectual desde la infancia temprana, apoyando la capacidad para conectar el trabajo escolar con un propósito más amplio, fomentando el pensamiento independiente, crítico e investigador a través de entornos desafiantes ^{38,39}. Sin embargo, en la educación actual el funcionamiento creativo a menudo se atenúa temporalmente cuando los individuos participan en tareas monótonas y repetitivas, dedicadas a la atención externa y la acción inmediata, pudiendo socavar el cultivo a largo plazo de la superdotación. Por lo que la mayoría de los estudiantes con AC se sienten a menudo desmotivados y se ven obligados a inventar nuevas formas de comprensión y hacer descubrimientos por sí mismos lejos del ámbito académico ³⁹.

Conclusión

La creatividad depende de varias regiones cerebrales distribuidas, corticales y subcorticales, algunas de ellas participan en el control ejecutivo, pero otras están implicadas en la percepción, la búsqueda de novedades, la curiosidad, la motivación, la generación de ideas nuevas y originales y las emociones. Tanto la maduración precoz de las vías fronto-parietales y fronto-estriadas como la influencia moduladora de la DA y la NA parecen tener un papel determinante en el desarrollo de las habilidades creativas de los niños con AC ⁵.

Aunque se asume la influencia genética en la eficacia y la plasticidad sináptica de estas regiones, todas ellas interactúan en un periodo de gran plasticidad y maleabilidad neuronal sensible a los cambios impulsados por las experiencias estimulantes ⁴⁰.

Los resultados hallados muestran que los niños con AC necesitan contextos adaptados donde se les permita desarrollar competencias para cultivar la reflexión, la atención

interna, la creatividad y, en suma, la capacidad de imaginar el futuro para poder construirlo.

Referencias

1. Rodríguez-Naveiras E, Cadenas M, Borges Á, Valadez D. Educational Responses to Students With High Abilities From the Parental Perspective. *Frontiers in psychology*. 2019; 10 :1187. doi: 10.3389 / fpsyg.2019.01187.
2. Sastre-Riba S, Pascual-Sufrate MT. Alta capacidad intelectual, resolución de problemas y creatividad. *Rev Neurol*. 2013; 56 (1):67-76 doi: 10.33588/rn.56S01.2013025
3. García-Rona A, Sierra-Vázquez J. Niños con altas capacidades intelectuales. Signos de alarma, perfil neuropsicológico y sus dificultades académicas. *An Pediatr Contin*. 2011; 9(1):69-72. doi: 10.1016/S1696-2818(11)70010-5
4. Dimitrios Z, Vassiliki, B. Creative ideation and motivated strategies for learning of academically talented students in Greek secondary school, *Gifted and Talented International*. 2018;DOI: [10.1080/15332276.2018.1547620](https://doi.org/10.1080/15332276.2018.1547620)
5. Khalil R, Godde B, Karim AA. The Link Between Creativity, Cognition, and Creative Drives and Underlying Neural Mechanisms. *Fronteras en los circuitos neuronales*. 2019; 13:18. doi: 10.3389 / fncir.2019.00018

6. Goriounova NA, Mansvelder HD. Genes, Cells and Brain Areas of Intelligence; *Front. Hum. Neurosci.* 2019; 13: 44. doi: 10.3389 / fnhum.2019.00044
7. Coleman JRI, Bryois J, Gaspar HA, Jansen PR, Savage JE, Skene N et al. Biological annotation of genetic loci associated with intelligence in a meta-analysis of 87,740 individuals. *Mol. Psychiatry.* 2019; 24, 182–197. doi:10.1038/s41380-018-0040-6
8. Lam M, Trampush JW, Yu, J, Knowles E, Davies G, Liewald DC et al. Large-Scale Cognitive GWAS Meta-Analysis Reveals Tissue-Specific Neural Expression and Potential Nootropic Drug Targets. *Cell reports.* 2017; 21(9), 2597–2613. doi: 10.1016/j.celrep.2017.11.028
9. Shaw P, Greenstein D, Lerch J, Clasen L, Lenroot R, Gogtay N et al. Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature.* 2006; 30; 440(7084):676-9 doi 10.1038 / nature04513
10. Schnack HG, van Haren NEM, Brouwer RM, Evans A, Durston S, Boomsma DI, et al. (2015). Changes in Thickness and Surface Area of the Human Cortex and Their Relationship with Intelligence, Cerebral Cortex. 2015; 25(6): 1608–1617, <https://doi.org/10.1093/cercor/bht357>
11. Zielinski BA, Gennatas ED, Zhou J, Seeley WW. Network-level structural covariance in the developing brain. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2010; 107, (42), 18191– <https://doi.org/10.1073/pnas.1003109107>
12. Ouyang M, Kang H, Detre JA, Roberts T, Huang H. Short-range connections in the developmental connectome during typical and atypical brain maturation. *Neuroscience and biobehavioral reviews.* 2017; 83, 109–122. doi:10.1016/j.neubiorev.2017.10.007
13. Holmboe K, Abigail F. Neural Substrates of Early Executive Function Development. *Developmental Review.* 2019; 52: 42-62. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2019.100866>

14. Buttelmann F, Karbach J. Development and Plasticity of Cognitive Flexibility in Early and Middle Childhood. *Frontiers in psychology*. 2017; 8, 1040. doi: 10.3389 / fpsyg.2017.01040
15. Liu T, Xiao T, Shi J, Zhao L. Sensory gating, inhibition control and child intelligence: an event-related potentials study. *Neurociencia*. 2011; 189: 250-7. doi: 10.1016 / j.neuroscience.2011.05.009
16. Gokaydin B, Baglama B, Uzunboylu H. Language learning of gifted individuals: A content analysis study. *Profile: Issues in Teachers' Professional Development*. 2017; 19(1), 109-118. http://dx.doi.org/10.15446/profile.v19n_sup1.68532.
17. Peyre H, Charkaluk ML, Forhan A, Heude B, Ramus F; EDEN Mother–Child Cohort Study Group. (2017) Do developmental milestones at 4, 8, 12 and 24 months predict IQ at 5-6 years old? Results of the EDEN mother-child cohort. *Eur J Paediatr Neurol*. 2017; 21(2):272-279. doi: 10.1016/j.ejpn.2016.11.001.
18. Leikin M, Tovli E. Examination of Creative Abilities of Preschool Children With and Without Specific Language Impairment (SLI). *Communication Disorders Quarterly*. 2018; <https://doi.org/10.1177/1525740118810848>.
19. Kenett YN, Levy O, Kenett DY, Stanley HE, Faust M, Havlin S. Flexibility of thought in high creative individuals represented by percolation analysis. *PNAS*. 2018; 115 (5), 867–872. doi: 10.1073 / pnas.1717362115
20. Willinger U, Deckert M, Schmöger M, Schaunig-Busch I, Formann AK, Auff E. Developmental Steps in Metaphorical Language Abilities: The Influence of Age, Gender, Cognitive Flexibility, Information Processing Speed, and Analogical Reasoning. *Lang Speech*. 2019; 62(2):207-228. doi: 10.1177/0023830917746552
21. Saggar M, Xie H, Beaty R, Stankov AD, Schreier M, Reiss AL. Creativity slumps and bumps: Examining the neurobehavioral basis of creativity development during

- middle childhood. *Neuroimage*. 2019; 196 , 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.03.080>
22. Carson SH, Peterson JB, Higgins DM. Decreased Latent Inhibition Is Associated With Increased Creative Achievement in High-Functioning Individuals. *Revista de Personalidad y Psicología Social*. 2003; 85(3), 499-506. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.85.3.499>
 23. Jung RE, Wertz, CJ, Meadows CA, Ryman SG, Vakhtin AA, Flores RA. Quantity yields quality when it comes to creativity: a brain and behavioral test of the equal-odds rule. *Fronteras en psicología*. 2015; 6, 864. doi: 10.3389 / fpsyg.2015.00864
 24. Heilman KM. Possible Brain Mechanisms of Creativity. *Arch Clin Neuropsychol*. 2016; 31 (4): 285-96. doi: 10.1093 / arclin / acw009
 25. Shi L, Sun J, Xia Y, Ren Z, Chen Q, Wei D, Yang W, Qiu, J. Large-scale brain network connectivity underlying creativity in resting-state and task fMRI: Cooperation between default network and frontal-parietal network. *Biol Psychol*. 2018; 135:102-111. doi: 10.1016/j.biopsycho.2018.03.005
 26. Rominger C, Papousek I, Perchtold CM, Weber B, Weiss EM, Fink A. The creative brain in the figural domain: Distinct patterns of EEG alpha power during idea generation and idea elaboration. *Neuropsychologia*. 2018; 118:13-19 <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.02.013>
 27. Beaty RE, Benedek M, Silvia PJ, Schacter DL. Creative Cognition and Brain Network Dynamics. *Trends in cognitive sciences*. 2016; 20(2), 87–95. doi:10.1016/j.tics.2015.10.004
 28. Abraham A, Rutter B, Bantini T, Hermann C. Creative conceptual expansion: A combined fMRI replication and extension study to examine individual differences in

- creativity. *Neuropsychologia*. 2019; 118, 29-39.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.05.004>
29. Solé-Casals J, Serra-Grabulosa JM, Romero-García R, Vilaseca G, Adan A, Vilaró et al. Structural brain network of gifted children has a more integrated and versatile topology. *Brain Structure & Function*. 2019; 1–11.<https://doi.org/10.1007/s00429-019-01914-9>
 30. Duan X, Dan Z, Shi J. The Speed of Information Processing of 9- to 13-Year-Old Intellectually Gifted Children. *Psychological Reports*. 2013; 112(1), 20–32. <https://doi.org/10.2466/04.10.49.PR0.112.1.20-32>
 31. Cuevas K, Bell MA. Infant Attention and Early Childhood Executive Function. *Desarrollo infantil*. 2014; 85 (2), 397–404. <https://doi.org/10.1111/cdev.12126>
 32. Marron TR, Lerner Y, Berant E, Kinreich S, Shapira-Lichter I, Hendler T, Faust M. Chain free association, creativity, and the default mode network. *Neuropsychologia*. 2018; 118:40-58. doi: 10.1016 /j.neuropsychologia.2018.03.018
 33. Benedek M, Jauk E, Beaty RE, Fink A, Koschutnig K, Neubauer A. Brain mechanisms associated with internally directed attention and self-generated thought *Scientific Reports*. 2016; 6:22959. doi.org/10.1038/srep22959
 34. Dajani, DR, Uddin, LQ. Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends in neurosciences*. 2015; 38(9), 571–578. doi:10.1016/j.tins.2015.07.003.
 35. Vaivre-Douret L. Developmental and cognitive characteristics of high-level potentialities (highly gifted) children, *International Journal of Pediatrics*, 2011; 420297. doi: 10.1155 / 2011/42029

36. Boot N, Baas M, Gaal SV, Cools R, Dreu CK. Creative cognition and dopaminergic modulation of fronto-striatal networks: Integrative review and research agenda. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2017; 78, 13-23. doi: 10.1016 / j.neubiorev.2017.04.007
37. Beaty RE, Seli P, Schacter DL. Network neuroscience of creative cognition: mapping cognitive mechanisms and individual differences in the creative brain. *Current Opinion in Behavioral Sciences*. 2019; 27: 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2018.08.013>
38. Krumm G, Filippetti VA, Gutierrez M. The contribution of Executive Functions to Creativity in Children: What is the role of Crystallized and Fluid Intelligence? *Thinking Skills and Creativity*. 2018; 29: 185-195 <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.07.006>
39. Gotlieb R, Hyde E, Immordino-Yang MH, Kaufman SB. Cultivating the social–emotional imagination in gifted education: insights from educational neuroscience. *Ann NY Acad Sci*. 2016; 1377 (1): 22-31. doi: 10.1111 / nyas.13165
40. Gómez-León MI. Psicobiología de las altas capacidades. Una revisión actualizada. *Psiquiatría biológica*. 2019; 26 (3), 105-112 <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2019.09.001>

Preguntas de autoevaluación:

1. El mejor desempeño ejecutivo y creativo de los niños con AC correlaciona con:
 - a. La maduración precoz de las fibras frontoestriales.
 - b. La maduración precoz de las fibras frontoparietales.

- c. Una maduración menos prolongada de las fibras frontoestriales.
- d. Una maduración menos prolongada de las fibras frontoparietales.
- e. a y b son correctas.

Respuesta correcta:

- e. a y b son correctas.

El mejor desempeño ejecutivo y creativo de los niños con AC correlaciona con la maduración precoz de las fibras frontoestriales y frontoparietales así como con reordenamientos dendríticos y sinápticos dinámicos y funcionales precoces y prolongados.

2. La red semántica de los niños con AC se caracterizaría por:
- a. Estar menos condensada, ser menos modular y estar más conectada.
 - b. Ser menos modular y estar más conectada.
 - c. Estar más condensada, ser menos modular y estar más conectada
 - d. Estar menos condensada, ser más modular y estar más conectada
 - e. Ser más modular y estar más conectada.

Respuesta correcta:

- c. Estar más condensada, ser menos modular y estar más conectada.

La red semántica de los niños con AC se caracterizaría por estar más condensada, ser menos modular y estar más conectada, permitiendo combinaciones conceptuales más flexibles y novedosas durante el procesamiento semántico.

3. Los sujetos con AC, en comparación con sus iguales sin AC, muestran:
- a. Una mayor activación alfa generalizada.
 - b. Una mayor activación beta generalizada.
 - c. Una menor activación alfa y beta generalizada.
 - d. Una mayor activación alfa y beta generalizada.
 - e. Ninguna es correcta.

Respuesta correcta:

- a. Una mayor activación alfa generalizada.

Los sujetos con AC, en comparación con sus iguales sin AC, muestran una mayor activación alfa generalizada y un grado de equipotencialidad hemisférica mayor, tanto durante la etapa innovadora de una tarea, como cuando no están trabajando en ella.

4. Las puntuaciones altas de atención endógena y el pensamiento espontáneo y sin restricciones están relacionadas con:
- a. Una mayor activación de la RMP.
 - b. Una menor activación del giro frontal inferior izquierdo.
 - c. Una menor activación de la RMP y del giro frontal inferior izquierdo.
 - d. Una mayor activación de la RMP y del giro frontal inferior izquierdo.
 - e. a y b son correctas.

Respuesta correcta:

e. a y b son correctas

Las puntuaciones altas de atención endógena y el pensamiento espontáneo y sin restricciones están relacionadas con una mayor activación de la RMP y una menor activación del giro frontal inferior izquierdo, de esta manera los niños con AC podrían aprender y resolver tareas de una manera preferentemente aleatoria.

5. En los niños los mayores predictores de la creatividad son:
- a. El cambio o la flexibilidad cognitiva y la fluidez.
 - b. El control inhibitorio y la perseverancia.
 - c. La memoria de trabajo.
 - d. El cambio o la flexibilidad cognitiva y la inhibición.
 - e. La planificación y la flexibilidad cognitiva.

Respuesta correcta:

d. El cambio o la flexibilidad cognitiva y la inhibición.

En los niños el cambio o la flexibilidad cognitiva y la inhibición son los mayores predictores de la creatividad, lo que permite pensar de manera divergente, cambiar la perspectiva y adaptarse a un entorno en constante cambio.

6. Los cambios en la flexibilidad cognitiva de los niños con AC correlacionan con la especialización funcional de:
- a. La CPF inferior derecha.
 - b. La corteza parietal izquierda.
 - c. La corteza cingulada anterior.
 - d. El estriado.
 - e. Todas son correctas.

Respuesta correcta:

e. Todas son correctas.

La flexibilidad cognitiva se desarrolla rápidamente en la edad preescolar y aumenta continuamente hasta la adolescencia en los niños con AC, estos cambios correlacionan con la especialización funcional de la CPF inferior derecha, la corteza parietal izquierda, la corteza cingulada anterior y el estriado.